

JP2002267762

**Title:**

**ELECTROMAGNETIC FIELD OBSERVATION METHOD AND OBSERVATION  
SYSTEM RELATED TO PRECURSORY PHENOMENON**

**Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently capture an electromagnetic field fluctuation related to precursory phenomenon for predicting a crustal movement such as earthquake, volcanic eruption, ground failure or the like with a satisfactory signal to noise ratio. **SOLUTION:** In this electromagnetic field observation method related to precursory phenomenon for detecting an electromagnetic field signal according to a rapid movement in the ground to allow the prediction of the crustal movement, the electromagnetic field fluctuation is measured by capturing a received signal from a coated wire which is to form a lengthy antenna laid on or under the ground of an intended area by a receiving device to detect the abnormality and position of the field intensity. As the coated wire, the feeder of a submarine cable or optical submarine cable is used, and the received signal is captured from one end of the coated wire by the ground receiving device. A pair of parallel wires or a pair of balanced strands is used for at least the ground part of the coated wire, and a submarine earth is mounted on the tip of one core wire through an impedance matching resistor to capture the received signal from both ends of the coated wire by the ground receiving device.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-267762

(P2002-267762A)

(43)公開日 平成14年9月18日 (2002.9.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 V 1/00  
G 0 1 R 29/08

識別記号

F I  
C 0 1 V 1/00  
C 0 1 R 29/08

テ-マ-ト(参考)  
E  
Z

審査請求 有 請求項の数9 O.L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-64927(P2001-64927)

(22)出願日 平成13年3月8日 (2001.3.8)

(71)出願人 501138231

独立行政法人防災科学技術研究所  
茨城県つくば市天王台3丁目1番

(71)出願人 000232184

日本電気海洋エンジニアリング株式会社  
神奈川県川崎市中原区小杉町1丁目403番  
地

(72)発明者 藤繩 幸雄

茨城県つくば市天王台3-1 文部科学省  
防災科学技術研究所内

(74)代理人 100088041

弁理士 阿部 龍吉 (外7名)

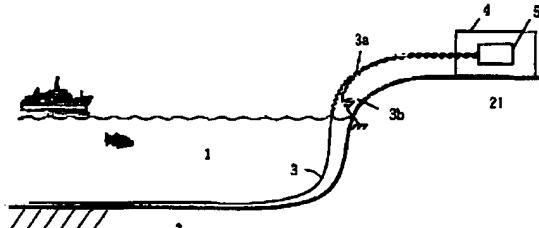
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 前兆現象に係わる電磁界観測方法及び観測システム

(57)【要約】

【課題】 地震・火山噴火、地盤崩壊など、地殻変動を予測するための前兆現象に係わる電磁界変動を効率的に、良好な信号対雑音比で捕捉できるようにする。

【解決手段】 地殻内の急速な運動に伴う電磁界信号を検出して地殻変動の予測を可能とする前兆現象に係わる電磁界観測方法であって、対象地域の地表あるいは地下に敷設された長尺のアンテナとなるべき被覆電線から受信装置で受信信号を捕捉し電界強度の異常、位置を検出することにより電磁界変動を計測する。被覆電線として、海底ケーブル、光海底ケーブルの給電線を用い、被覆電線の片端から陸上の受信装置で受信信号を捕捉し、少なくとも被覆電線の陸上部分に平行対線または平衡対捻り線を用い、一方の心線の先端にインピーダンス整合用抵抗を介する海底アースを取り付け、被覆電線の両端から陸上の受信装置で受信信号を捕捉する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 地殻内の急速な運動に伴う電磁界信号を検出して地殻変動の予測を可能とする前兆現象に係わる電磁界観測方法であって、対象地域の地表あるいは地下に敷設された長尺のアンテナとなるべき被覆電線から受信装置で受信信号を捕捉し電界強度の異常、位置を検出することにより電磁界変動を計測することを特徴とする前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項2】 前記被覆電線として、海底ケーブルまたは光海底ケーブルの導電線または導電性心線を用いたことを特徴とする請求項1記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項3】 前記被覆電線の片端から陸上の前記受信装置で受信信号を捕捉し、少なくとも前記被覆電線の陸上部分に平行対線または平衡対捻り線を用い、一方の心線の先端にインピーダンス整合用抵抗を介する海底アースを取り付けたことを特徴とする請求項2記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項4】 前記被覆電線の両端から陸上の前記受信装置で受信信号を捕捉することを特徴とする請求項2記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項5】 前記被覆電線を2本のダイポールアンテナとして直交または直角に近接配置したことを特徴とする請求項1記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項6】 前記被覆電線の巻き線を3軸直交成形された高導磁率でかつ鉄損の小さいコアのそれぞれの軸に施してループアンテナとしたことを特徴とする請求項1記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項7】 前記巻き線の巻き始めと巻き終わりに平行対線または平衡対捻り線を接続したことを特徴とする請求項7記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項8】 前記アンテナを複数個所に配置したことを特徴とする請求項6または7記載の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項9】 地殻内の急速な運動に伴う電磁界信号を検出して地殻変動の予測を可能とする前兆現象に係わる電磁界観測システムであって、対象地域の地表あるいは地下に敷設され長尺のアンテナとなるべき被覆電線と、該被覆電線で構成するアンテナの片端または両端から受信信号を捕捉し電界強度の異常、位置を検出することにより電磁界変動を計測する受信装置とを備えたことを特徴とする前兆現象に係わる電磁界観測システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、地震・火山噴火、地盤崩壊、地すべりなどの地殻内の急速な運動に伴う電磁界信号を検出して、地震・火山噴火活動など、地殻変動の予測を可能とする前兆現象に係わる電磁界観測方法及び観測システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】地震・火山噴火、地盤崩壊など、地殻変動を予測するためには、前兆的な現象を捕捉することが最も重要であり、これまでの研究で、地殻変動・地震活動などに関する有力な前兆現象が報告され、また、それを計測する方法・装置が提案されている。しかし、現在評価中でまだ決め手となる計測方法は確定していないといってよい。

【0003】一方で、これ等の現象の発生には地下水、マグマなどの地下の流動体が重要な役割を果たしていることが、近年明らかになってきている。しかるに、この流体層の場所が不明であり、ために感度の高い測点を選ぶことが困難であり、勢い多数の測点でのモニタを行うしかなかった。特にわが国で、過去大きな災害をもたらした巨大地震の70%は、海底に震源地があったと言われているが、海底における広域の電場変動観測の有効な手段がなかった。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するものであって、地震・火山噴火、地盤崩壊など、地殻変動を予測するための前兆現象に係わる電磁界変動を効率的に、良好な信号対雑音比で捕捉できるようにするものである。

【0005】そのために本発明は、地殻内の急速な運動に伴う電磁界信号を検出して地殻変動の予測を可能とする前兆現象に係わる電磁界観測方法であって、対象地域の地表あるいは地下に敷設された長尺のアンテナとなるべき被覆電線から受信装置で受信信号を捕捉し電界強度の異常、位置を検出することにより電磁界変動を計測することを特徴とするものである。

【0006】前記被覆電線として、海底ケーブルまたは光海底ケーブルの導電線または導電性心線を用い、前記被覆電線の片端から陸上の前記受信装置で受信信号を捕捉し、少なくとも前記被覆電線の陸上部分に平行対線または平衡対捻り線を用い、一方の心線の先端にインピーダンス整合用抵抗を介する海底アースを取り付け、前記被覆電線の両端から陸上の前記受信装置で受信信号を捕捉することを特徴とするものである。

【0007】前記被覆電線を2本のダイポールアンテナとして直交または直角に近接配置し、前記被覆電線の巻き線を3軸直交成形された高導磁率でかつ鉄損の小さいコアのそれぞれの軸に施してループアンテナとし、前記巻き線の巻き始めと巻き終わりに平行対線または平衡対捻り線を接続し、さらに、前記アンテナを複数個所に配置したことを特徴とするものである。

【0008】また、地殻内の急速な運動に伴う電磁界信号を検出して地殻変動の予測を可能とする前兆現象に係わる電磁界観測システムとして、対象地域の地表あるいは地下に敷設され長尺のアンテナとなるべき被覆電線と、該被覆電線で構成するアンテナの片端または両端から受信信号を捕捉し電界強度の異常、位置を検出するこ

とにより電磁界変動を計測する受信装置とを備えたことを特徴とするものである。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は本発明の基本かつ最も単純な実施の形態を示す図であり、海底の信号波を検出するための図である。図1において、1は海、2は海底、3はケーブル、3aは平行対線または平衡対捻り線、3bはインピーダンス整合用抵抗、4は陸揚げ局、5は受信装置、21は陸上を示す。海1は、陸上21の人工雑音などに対し十分に減衰を受ける水深を持ち、ケーブル3は、海底2面に敷設、または海底2下0.5～2mほどの深度のところに埋設された、導電線または導電性心線を有する海底ケーブルである。陸揚げ局4は、ケーブル3の陸上21の部分が短距離となるような場所に選ばれ、受信装置5は、ケーブル3に誘起された対地電圧の検出、表示、記録、解析などを行う機能を持つものである。

【0010】およそその計算によれば、海水中の電磁波の減衰量は、直進波の場合、10 kHzで3.4 dB/mほどと計算され、周波数の平方根に比例して増加する。また、地殻を構成する岩石などの比抵抗を大雑把に海水の1/100以下とすると、岩石中の電磁波伝搬減衰量は、海水の1/10以下となる。水深100mで、地上波は、340 dBも減衰することになり、十分な減衰が与えられる。即ち、本発明においては、地殻中を伝搬する信号波を捕らえるのに、地上波に対しては海水をシールドにしようとするもので、信号波に対し良好な信号対雑音比を有する地殻変動観測用アンテナが実現できる。

【0011】また、陸揚げ部分での地上雑音を避けるためには、陸上21の部分に平行対線または平衡対捻り線3aを用い、一方の心線の先端にインピーダンス整合用抵抗3bを介する海底アースを取り付けて、これを信号波に対する比較用アース電位として用いれば、陸上21の部分の雑音は相殺され、さらに海底2のある深さまで延長することにより、浅海の部分も含めて雑音は相殺される。

【0012】観測システムは、上記のように電線の片端のみを用いて観測するシステムと、次の実施の形態に示すように両端にて観測するシステムの両者がある。電線の片端のみを用いた観測システムでは、その経路の途中あるいはその近傍で、電界強度の異常があったことを検出する。一方、アンテナの両端で観測を行うシステムでは、次のようにその両端で受信信号を捕捉し、これらの信号の到着時刻差から、その受信信号がアンテナのどの部分で誘導を受けたかを計測する。

【0013】図2はケーブルの両端を陸揚げし、その両陸揚げ局内に受信装置を設置する例を示す図であり、海底に敷設した、ケーブルなどの導電線の両端にて受信す

る方式を示す図である。前述のようにケーブル3の浅海、陸上21への引き込み部分では、陸上21の雑音を、しかも高周波まで影響を受ける。そこで、ケーブル3の両端を受信装置5に引き込み、両陸揚げ局4への受信波の絶対到着時間差を比較すれば、雷などで雑音を受け、且つ前述の平行線などでも相殺しきれない時、どちらの陸揚げ部分で誘導を受けたかがわかる。

【0014】例えば、光海底ケーブルの給電路部分では、海水を外部導体とする一種の同軸ケーブルを構成しており、その波形伝搬速度は1マイクロ秒あたり250 m程度と考えられる。したがって、もし片方の陸揚げ部分で陸上21の雑音の影響を受けたとすれば、25 kmのアンテナ長では、両端で100マイクロ秒の信号到達時間差が生ずることになる。これだけの時間差があれば、例えば5 kHzの雑音でも、位相差は180度もあることになり、かなりの低周波雑音であっても、十分誘導場所の検出は可能である。

【0015】以上の例については、新たにケーブルを敷設しても勿論よいが、近年の通信用海底ケーブルは例外なく光ケーブルになっており、かつ国内用短距離ケーブルでは、無中継伝送が行われている。これらケーブルもテンションメンバ兼用の導電性心線を持っているので、これをそのまま流用すれば、図2の方式が直ちにえられる。これは、遊休資産とも言える物の活用であり、甚だ経済的に長尺のアンテナが得られることになる。

【0016】図3は有中継の光海底ケーブル伝送に本方式を応用した例を示すブロック図である。図3において、3は光海底ケーブル、5は陸揚げ局の受信装置、6は海底機器（海底中継器または海底観測機器等）、7は信号波処理回路を示し、信号波処理回路7は、光海底ケーブル3から観測信号を抽出して光伝送路に重畠するための回路である。ただし、海底ケーブル伝送方式においては、前述のテンションメンバーを兼ねる導電性心線を通して直流定電流により、海底機器6に電力を供給することが一般的なので、この方式では、直流および、非常に低い周波数の信号波の観測是不可能である。

【0017】図4は図3における陸揚げ部の細部を示すブロック図であり、8は定電流直流給電用電源、9はインダクタ、10はキャパシタ、11は復調回路、31は光海底ケーブル中の導電性心線、32は光ファイバ心線を示す。インダクタ9は、給電のための直流と受信した信号波とを分離するための分波器の一部を構成し、光海底ケーブル中の導電性心線31からの直流を抽出するものであり、キャパシタ10は、前記分波器の一部を構成し、光海底ケーブル中の導電性心線31からの交流成分を抽出するものである。復調回路11は、光ファイバ心線32からの光信号を受信し、ここに多重伝送された信号波を復調して受信装置5に加える回路である。

【0018】図5は海底機器部の細部を示すブロック図であり、61は光信号処理回路、62は電源回路を示

す。海底機器部においては、信号波受信、伝送回路である海底機器間で受信された信号波を光信号に適宜多重化の上伝送する。ここで、光信号処理回路61は、送受1対の光ファイバ心線32で伝送される光信号の中継増幅、分歧、挿入などを行う回路であり、時分割多重か、波長多重かなどはここでは問題にしない。電源回路62は、光海底ケーブルの導電性心線31からの給電電流を受けて光信号中継などに必要な電源を作成、供給するものである。また、信号波処理回路7は、図4と同様であるが、詳述すると光海底ケーブルの導電性心線31からキャパシタ10を通して抽出された信号波を受信し、デジタル化など必要な処理を行って、光信号処理回路61へ送り光伝送路に重畠するための回路である。以上図3、図4、図5に示すような構成によって、長距離有中継光ケーブル方式においても、信号波の交流成分のみであれば、海底機器区間ごとの信号波を区分、受信することが可能である。

【0019】さて、半波長ダイポールアンテナはそれを含む面上で8の字形の指向特性をもっていることはよく知られている。アンテナに誘起される信号波の電圧は、アンテナ線に対し電磁波の進行方向がなす角度の余弦に比例する。そこで、2本のダイポールアンテナを直交または直角に接近して海底に設け、それぞれの受信信号強度を比較すれば、アンテナに対する電磁波の到達角度を知ることができる。したがって、このような組アンテナを空間的に離れて二組設置すれば、電磁界変動の発生源を2次元で知ることができる。図6にこの例を示す。図6は海底に設置した直交する2本のダイポールアンテナとそのフィーダの概念図である。図6において、3、3'はそれぞれ直交する2本の海底に設置されるケーブルであって、アンテナ線を構成し、それの中間点で切断して、これら2切断点各々に平行対線または平衡対捻り線34を接続しフィーダとする。フィーダは、ある周波数以上では、アンテナとのインピーダンスマッチングを考慮して適当な線を選び整合をはかるものとする。

【0020】上記実施の形態は、アンテナ線を近距離に直角に2本、交差させて（交差が不可能な場合は、互いに近傍に直角に2本）敷設して、両者の信号波の受信強度を比較することにより、電磁波の伝搬方向がわかる観測システムとするものである。さらに、このようなシステムをある程度の空間的距離において2システム設置すると、少なくとも2次元的な波源の決定を行う観測システムが得られる。

【0021】フェライトコアにコイルを巻いてバーアンテナと称する小型ループアンテナを作成することはよく知られている。また、このバーアンテナには鋭い指向性があることもよく知られているところである。図7はこのバーアンテナを3本直交させて3次元の指向性をもったアンテナを実現するものである。図7において、33x、33y、33zはその軸が互いに直交するように成

型された高導磁率で且つ鉄損の小さい、例えばフェライトを材料とするコアである。図ではコア33zの例しか示していないが、この各々のコアの上に35に示すように巻き線をほどこしてループアンテナとする。コアをこのように作ることは、3つのコイルの特性を出来るだけ等しくするためである。これら3巻き線は互いに平衡をよく取り、それぞれの感度が出来るだけ等しくなるように作成する。コイルは各コアに対応して3つできるが、これらコイルの巻き初めと巻き終わりに平行対線または平衡対捻り線34を接続しフィーダとする。このような3軸バーアンテナに錐をつけ、各軸の方向が分かるように海底に設置する。各軸コイルの同一電磁波に対して誘起される電力は、各コアと電磁波の進行方向とのなす角度の余弦に比例する。従ってこれを距離において2カ所に設置すれば電磁波の発生源を知りうる。

【0022】しかも、前述したように、海水中の電磁波の伝搬減衰量は非常に大きいので、信号波がアンテナの上方から来ることは考えられない。つまり、このアンテナは、海底面に平行な信号波でない限り单一指向性と考えて良い。したがって、3つのコイルの受信出力を比較すれば3次元の方角に対し、電磁波の到来方位は判明するので、単数設置のみでもある程度有効である。ただし、本アンテナではある周波数以下については知り得ず、まして電界の直流成分の検出はできない。従って本アンテナは単線、またはダイポールアンテナと併用すべきである。

【0023】上記のように本発明は、地震・火山噴火、地盤崩壊などの現象の発生場における耐水層、温泉脈、高熱水脈あるいはその近辺などに長尺のアンテナを敷設し、流体の運動を高感度で検知することにより、地震・火山噴火、地盤崩壊などの地殻内高運動層に係わる電磁界変動を観測して、地震・火山噴火、地盤崩壊などの発生予知を目的とする観測の方法、及びその装置を提供できる。

【0024】前兆的現象に係わる電磁界観測の方法ま、海底を含めた対象とする地域の地表あるいは地下の地下水脈・火口など地下流動のある場所あるいはその近傍に、長尺のアンテナとなるべき被覆電線を敷設し、多周波数バンドで電磁界変動を計測する。そのようにすることにより、地殻内における破壊現象である地震や火山噴火などを引き起こす間隙水などの地下流動体の運動を、効率的に検知する。この手法では、従来の点観測が線観測となり広い範囲を低コストでモニターできるようになる。しかも、陸地であっても、海底であっても、本質的に違いはない。

【0025】なお、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。上記実施の形態で示すように本アンテナは、線状のアンテナに比し形状が著しく小型になるので、海底のみならず、地上のボアホール、トンネル内、或いは地下に埋設するなど

で使用することも可能である。

【0026】また、本発明は、既存の海底ケーブルを利用するシステムも可能である。これらは、

(1) 無中継海底光ケーブルの使用していない給電線の利用

(2) 直流給電を行っている有中継海底光ケーブルの給電線の、交流部分の利用

(3) 海底同抽ケーブルなど、導電線を持ったケーブルであって、正規の使用を停止したもの再利用などがある。(2)の場合には、ケーブル途中に接続される中継器、海底地震計など海底機器の給電回路に、直流以外を阻止し、信号波のみを抽出する分波器を取り付け、各海底機器間ごとの信号波の観測データを取り出し、これを海底機器を利用して通信伝送路に乗せて陸上まで伝送する長距離複数観測システムが得られる。

【0027】

【発明の効果】以上の説明から明らかのように、本発明によれば、地震・火山噴火、地盤崩壊などが発生すると思われる海底を含めた地域あるいはその近辺などに長尺のアンテナを敷設し、地震・火山噴火、地盤崩壊などの地殻内高速運動に係わる電磁界変動を効率的に観測出来るようになるので、地震、特に海底地震、火山噴火、地盤崩壊などの発生予測を行う技術が向上し、災害軽減に大きく貢献することが期待できる。

【0028】特に、人工或いは自然発生の地上雑音電磁波の非常に少ない海底において地殻内高速運動などに伴い発生する電磁界変動を良好な信号対雑音比で捕捉することが可能となり、海底地殻活動の予測技術の向上に貢献できる。詳述すれば、海底にケーブルを敷くことは、地上に深い井戸を掘るに比し、はるかに経済的であり、かつ、既設の通信用ケーブルを利用すれば、アンテナに関しては、超大型であるにも関わらず、その建設費は不要となり甚だ経済的である。

【0029】また、本発明は、既に述べたようにアンテ

ナの形状と組み合わせを選択すれば、信号波の発生源まで知ることができ、地震などの発生場所に関する上の情報の取得も可能となる。更には、地球電磁気学を含む地球物理学、無線工学などの発展に寄与することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態による海底の信号波検出のための図であって、本発明の基本を示す図である。

【図2】 本発明の第1の実施の形態の変形を示すもので、海底に敷設した、ケーブルなどの導電線の両端にて受信する方式を示す図である。

【図3】 本発明の第2の実施の形態を示すもので、中継器を有するケーブル通信システムを用いて海底の信号波を検出する全体システムを示す図である。

【図4】 図3の有中継ケーブル通信システムを用いた全体システムのうち陸揚げ局の信号波受信回路の1例を示すブロック図である。

【図5】 図3の有中継ケーブル通信システムを用いた全体システムのうち海底に設置する信号中継機能を有する部分で、信号伝送路に検出した信号波を重畠させる1例を示すブロック図である。

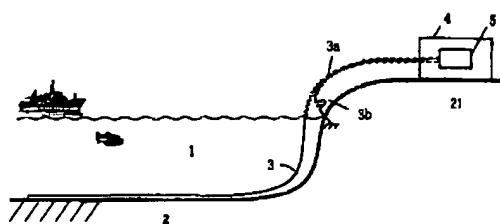
【図6】 本発明の第3の実施形態を示すもので、海底に設置した直交する2本のダイポールアンテナとそのフィーダの概念図である。

【図7】 本発明の第4の実施形態を示すもので、アンテナに対する信号波の進行角度を知るために、互いに直交する3本の高導磁率コアに巻き線を施したバーアンテナの構造と、そのフィーダの1例を示す図である。

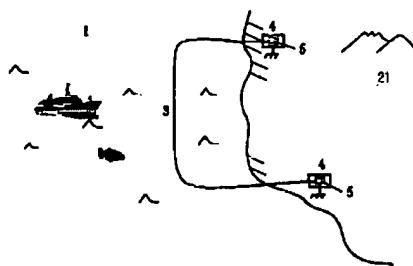
#### 【符号の説明】

1…海、2…海底、3…ケーブル、3a…平行対線または平衡対捻り線、3b…インピーダンス整合用抵抗、4…陸揚げ局、5…受信装置、6…海底機器、7…信号波処理回路、21…陸上

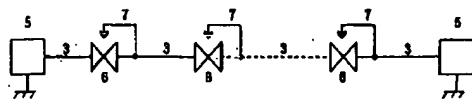
【図1】



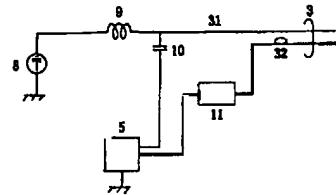
【図2】



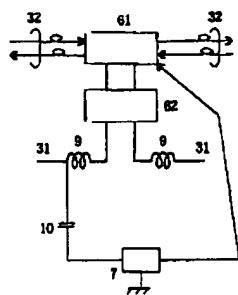
【図3】



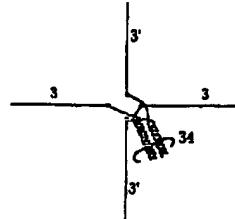
【図4】



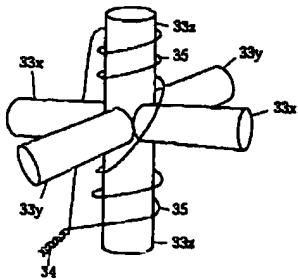
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 清志  
神奈川県川崎市中原区小杉町1丁目403番  
地 日本電気海洋エンジニアリング株式会  
社内

(72)発明者 青柳 勝  
神奈川県川崎市中原区小杉町1丁目403番  
地 日本電気海洋エンジニアリング株式会  
社内